

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-270255

(P2003-270255A)

(43) 公開日 平成15年9月25日 (2003.9.25)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
G 0 1 P 3/36		G 0 1 P 3/36	Z
G 0 1 L 3/12		G 0 1 L 3/12	

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2002-72522(P2002-72522)

(22) 出願日 平成14年3月15日 (2002.3.15)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 黒田 英彦

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 佐藤 道雄

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 100087332

弁理士 猪股 祥晃 (外2名)

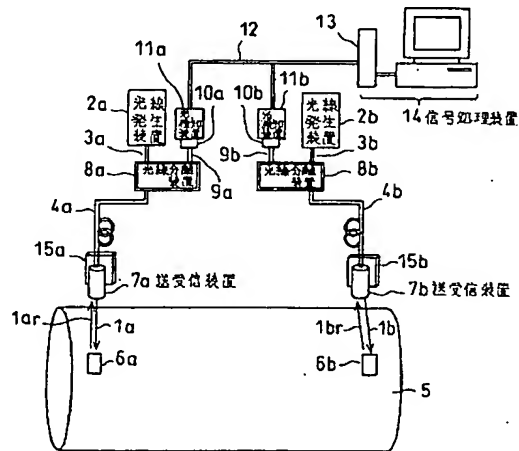
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転体計測装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 簡素かつ低コストな回転体計測装置を提供する。

【解決手段】 回転体5の表面に取り付けられた反射手段6a、6bに照射する光線発生手段2a、2bと、一方方向光線伝送路3a、3bおよび双方向光線伝送路4a、4bを介して前記照射光線を導入され前記照射光線を前記反射手段に照射して反射光線を受光する送受信手段7a、7bと、前記一方方向光線伝送路と前記双方向光線伝送路のあいだに接続されて前記送受信手段によって受光され前記双方向光線伝送路によって伝送された前記反射光線を前記照射光線と分離する光線分離手段8a、8bと、反射光線伝送路9aを介して前記光線分離手段に接続されて前記反射光線を検知する光検知手段11a、11bと、この光検知手段が出力する出力信号を信号処理して前記対象回転体の回転速度または出力トルクの少なくともいずれか一方を演算する信号処理手段14とを備えた構成とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転速度または出力トルクの少なくともいずれか一方を計測すべき対象回転体の表面に取り付けられた反射手段に照射して前記計測を行うための照射光線を発生する光線発生手段と、一方向光線伝送路および双方向光線伝送路を介して前記照射光線を導入され前記照射光線を前記反射手段に照射して反射光線を受光する送受信手段と、前記一方向光線伝送路と前記双方向光線伝送路のあいだに接続されて前記送受信手段によって受光され前記双方向光線伝送路によって伝送された前記反射光線を前記照射光線と分離する光線分離手段と、反射光線伝送路を介して前記光線分離手段に接続されて前記反射光線を検知する光検知手段と、この光検知手段が出力する出力信号を信号処理して前記対象回転体の回転速度または出力トルクの少なくともいずれか一方を演算する信号処理手段とを備えたことを特徴とする回転体計測装置。

【請求項2】 光線発生手段は、パルス光線を発生するパルス光線発生手段であることを特徴とする請求項1記載の回転体計測装置。

【請求項3】 光線発生手段は、照射光線の波長を変えることができる波長可変光線発生手段であることを特徴とする請求項1記載の回転体計測装置。

【請求項4】 送受信手段は、対象回転体の周面とのあいだの距離を調整する位置調整手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の回転体計測装置。

【請求項5】 送受信手段は、照射光線の照射ビーム径を調整して反射手段に照射する照射ビーム径調整手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の回転体計測装置。

【請求項6】 反射手段および送受信手段は対象回転体の周方向に複数備えられていることを特徴とする請求項1記載の回転体計測装置。

【請求項7】 反射手段および送受信手段は対象回転体の軸方向に複数備えられていることを特徴とする請求項1記載の回転体計測装置。

【請求項8】 光線分離手段は、一方向光線伝送路から導入された単一の照射光線を複数に分割して複数の双方向光線伝送路へ送出するとともに、前記複数の双方向伝送路から導入された複数の反射光線を合成して単一の反射光線を形成し反射光線伝送路へ送出する光線分割合成手段であることを特徴とする請求項1記載の回転体計測装置。

【請求項9】 光検知手段は、反射光線の波長を選択する波長選択手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の回転体計測装置。

【請求項10】 信号処理手段は、光検知手段の出力信号のサンプリング周波数を選択するサンプリング周波数選択手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の回転体計測装置。

【請求項11】 信号処理手段は、光検知手段の出力信号のサンプリング時間を調整するサンプリング時間調整手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の回転体計測装置。

【請求項12】 信号処理手段は、光検知手段の出力信号を所定回数積算して平滑化する平滑化処理手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の回転体計測装置。

【請求項13】 信号処理手段は、光検知手段の出力信号に対して相関法を適用することによって対象回転体の回転速度または出力トルクの少なくともいずれか一方を演算することを特徴とする請求項1記載の回転体計測装置。

【請求項14】 反射手段は、照射光線に対する反射率が対象回転体の周方向に分布を有する分布型反射手段であることを特徴とする請求項13記載の回転体計測装置。

【請求項15】 信号処理手段は、複数の信号処理値を平均化することを特徴とする請求項1記載の回転体計測装置。

20 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、回転機器や車両などに設けられた回転体の回転速度や出力トルクを非接触で高精度に計測する回転体計測装置に関する。

【0002】

【従来の技術】回転体の回転速度や出力トルクを計測する装置としては、例えば、特開平5-34222号公報に記載されている装置が知られている。この公報記載の装置は図14に示すように、被検体の回転軸70に取り付けられ格子パターンを有する第1および第2の回転体71A、71Bと、これら第1および第2の回転体71A、71Bに光を照射する第1および第2の光源装置72A、72Bと、これら第1および第2の光源装置72A、72Bから照射され第1および第2の回転体71A、71Bによって反射した光の影絵パターンを検知する第1および第2の光電変換素子73A、73Bと、これら第1および第2の光電変換素子73A、73Bの出力からトルクを求める演算手段74で構成される。

【0003】第1および第2の回転体71A、71Bによる反射光の影絵パターンは、被検体の回転を影絵的に拡大して変位する。この変位は、第1および第2の光電変換素子73A、73Bによって検知される。そして、演算手段74によって第1および第2の回転体71A、71Bの回転の基準位置と回転量が検出され、回転量の差からトルクの算出が行われる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記装置では、回転機器および車両などへ適用する場合、第1および第2の回転体71A、71Bの製作・取り付けが困難であり、また、回転体71A、71B上の格子パターン

は高精度に作製する必要があるため時間と手間がかかる。これらの結果としてコスト高になるなどの問題がある。

【0005】そこで、本発明は、回転機器や車両などの回転体へ簡単に適用して回転速度あるいは出力トルクを計測することができる簡素かつ低コストな回転体計測装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために請求項1の発明の回転体計測装置は、回転速度または出力トルクの少なくともいずれか一方を計測すべき対象回転体の表面に取り付けられた反射手段に照射して前記計測を行うための照射光線を発生する光線発生手段と、一方向光線伝送路および双方向光線伝送路を介して前記照射光線を導入され前記照射光線を前記反射手段に照射して反射光線を受光する送受信手段と、前記一方向光線伝送路と前記双方向光線伝送路のあいだに接続されて前記送受信手段によって受光され前記双方向光線伝送路によって伝送された前記反射光線を前記照射光線と分離する光線分離手段と、反射光線伝送路を介して前記光線分離手段に接続されて前記反射光線を検知する光検知手段と、この光検知手段が出力する出力信号を信号処理して前記対象回転体の回転速度または出力トルクの少なくともいずれか一方を演算する信号処理手段とを備えた構成とする。

【0007】このように構成された請求項1の発明の回転体計測装置では、反射手段に照射される照射光線は所定の照射ビーム径に絞られる。そして反射光線は短い立上り、立下り時間のパルス状となる。

【0008】この反射光線は、照射光線を伝送したと同じ双方向光線伝送路によって伝送され、光検知手段によってパルス状の出力信号が検知される。信号処理手段では、出力信号の立上りまたは立下りにおいてトリガ時間を抽出し、回転速度または出力トルクを求める。

【0009】その結果、回転速度または出力トルクの計測精度は反射光線の立上り立下り時間で決定され、照射光線の照射ビーム径を調整することによって所定の計測精度に設定することができ、高精度計測が必要とされる回転機器および車両などへの適用が可能となる。

【0010】そして、送受信手段はビーム倍率を調整するだけの構造であり、また双方向光線伝送路が照射光線とその反射光線の伝送路を兼ねるため数量が少なく、さらに反射手段は対象回転体表面の一部に取り付けるだけよいため、本発明の回転体計測装置は、簡素かつ低コスト、適用が簡単であるという特長を有する。

【0011】なお、対象回転体の回転速度だけを測定する場合には反射手段および送受信手段は1個でよいが、出力トルクも測定するためには対象回転体の軸方向に所定の距離において複数の反射手段および送受信手段を備える必要がある。

【0012】請求項2の発明は、請求項1の発明において、光線発生手段は、パルス光線を発生するパルス光線発生手段である構成とする。この発明によれば、パルス光線発生手段が発生する照射光線はパルス光であるため、連続光に比べて高強度であり、高SN比の出力信号を得ることができる。その結果、ノイズ対策を軽減することができ、簡素かつ低コストで適用が簡単な回転体計測装置とすることが可能となる。

【0013】請求項3の発明は、請求項1の発明において、光線発生手段は、照射光線の波長を変えることができる波長可変光線発生手段である構成とする。この発明によれば、対象回転体の回転軸が変動する場合には、波長可変光線発生手段を用いて照射光線の波長を変え、波長によって光学レンズの焦点距離が異なる色収差を利用することにより、照射光線の照射ビーム径を調整し、所定の計測精度に設定することができる。その結果、回転軸が変動する回転機器および車両などへの適用が可能となる。

【0014】請求項4の発明は、請求項1の発明において、送受信手段は、対象回転体の周面とのあいだの距離を調整する位置調整手段を備えた構成とする。この発明によれば、対象回転体の回転軸が変動する場合には、位置調整手段によって送受信手段の位置調整を行うことにより、照射光線の照射ビーム径を調整し、所定の計測精度に設定することができる。その結果、回転軸が変動する回転機器および車両などへの適用が可能となる。

【0015】請求項5の発明は、請求項1の発明において、送受信手段は、照射光線の照射ビーム径を調整して反射手段に照射する照射ビーム径調整手段を備えた構成とする。この発明によれば、対象回転体の回転軸が変動する場合には、照射ビーム径調整手段を用いて照射光線のビーム径を光学的に拡大または縮小することにより、照射光線の照射ビーム径を調整し、所定の計測精度に設定することができる。その結果、回転軸が変動する回転機器および車両などへの適用が可能となる。

【0016】請求項6の発明は、請求項1の発明において、反射手段および送受信手段は対象回転体の周方向に複数備えられている構成とする。この発明によれば、対象回転体の回転軸が振動する場合には、反射手段および送受信手段を対象回転体の周方向に各々 n_1 個備え、 n_2 個の回転速度の計測値、 $n_1 \times n_2$ 個の出力トルクの計測値を一回転毎に得て平均することにより、振動の影響を低減することができる。その結果、対象回転体の回転軸が振動する場合であっても、回転速度や出力トルクを所定の計測精度で求めることが可能となる。

【0017】請求項7の発明は、請求項1の発明において、反射手段および送受信手段は対象回転体の軸方向に複数備えられている構成とする。この発明によれば、対象回転体の回転軸が振動する場合には、反射手段および送受信手段を対象回転体の軸方向に n_1 個備え、 n_2 個の回

転速度の計測値、 $n_0 \times (n_0 - 1) / 2$ 個の出力トルクの計測値を一回転毎に得て平均することにより、振動の影響を低減することができる。その結果、対象回転体の回転軸が振動する場合であっても、回転速度および出力トルクを所定の計測精度で求めることが可能となる。

【0018】請求項 8 の発明は、請求項 1 の発明において、光線分離手段は、一方向光線伝送路から導入された単一の照射光線を複数に分割して複数の双方向光線伝送路へ送出するとともに、前記複数の双方向伝送路から導入された複数の反射光線を合成して単一の反射光線を形成し反射光線伝送路へ送出する光線分割合成手段である構成とする。

【0019】この発明によれば、単一の照射光線の分割と複数の反射光線の合成を光線分割合成手段で行うことにより、光線の分割と合成を一つの光線分割合成手段で行うことができる。その結果、簡素かつ低コストな回転体計測装置とすることができる。

【0020】請求項 9 の発明は、請求項 1 の発明において、光検知手段は、反射光線の波長を選択する波長選択手段を備えた構成とする。この発明によれば、反射光線に外乱光が混入する場合には、波長選択手段により、外乱光を遮断して反射光線の波長を選択して計測し、反射光線を高 SN 比で検知することができる。その結果、対象回転体が外乱光環境に存在する場合であっても、回転速度や出力トルクを所定の計測精度で求めることが可能となる。

【0021】請求項 10 の発明は、請求項 1 の発明において、信号処理手段は、光検知手段の出力信号のサンプリング周波数を選択するサンプリング周波数選択手段を備えた構成とする。

【0022】この発明によれば、光検知手段の出力信号にノイズが重畳する場合には、サンプリング周波数選択手段により、光検知手段の出力に対するサンプリング周波数を調整することによってノイズを除去した出力信号を得ることができる。その結果、光検知手段の出力信号にノイズが重畳する場合であっても、回転速度や出力トルクを所定の計測精度で求めることが可能となる。

【0023】請求項 11 の発明は、請求項 1 の発明において、信号処理手段は、光検知手段の出力信号のサンプリング時間を調整するサンプリング時間調整手段を備えた構成とする。

【0024】この発明によれば、光検知手段の出力信号にノイズが重畳する場合には、サンプリング時間調整手段により、出力信号のサンプリング時間を調整することによってノイズを除去した出力信号を得ることができる。その結果、光検知手段の出力信号にノイズが重畳する場合であっても、回転速度や出力トルクを所定の計測精度で求めることが可能となる。

【0025】請求項 12 の発明は、請求項 1 の発明において、信号処理手段は、光検知手段の出力信号を所定回

数積算して平滑化する平滑化処理手段を備えた構成とする。この発明によれば、光検知手段の出力信号に時間的にランダムなノイズが重畳する場合には、平滑化処理手段により、出力信号を所定回数で積算して平滑化することによってノイズを低減した出力信号を得ることができる。その結果、光検知手段の出力信号に時間的にランダムなノイズが重畳する場合であっても、回転速度や出力トルクを所定の計測精度で求めることが可能となる。

【0026】請求項 13 の発明は、請求項 1 の発明において、信号処理手段は、光検知手段の出力信号に対して相関法を適用することによって対象回転体の回転速度または出力トルクの少なくともいずれか一方を演算する構成とする。

【0027】この発明によれば、光検知手段の出力信号にノイズが重畳し、信号の立上りまたは立下りからトリガ時間を高精度に抽出することが困難な場合には、出力信号に相関法を適用することにより、トリガ時間差を高精度に求めることができる。その結果、光検知手段の出力信号にノイズが重畳し、信号の立上りまたは立下りからトリガ時間を高精度に抽出することが困難な場合であっても、回転速度や出力トルクを所定の計測精度で求めることが可能となる。

【0028】請求項 14 の発明は、請求項 13 の発明において、反射手段は、照射光線に対する反射率が対象回転体の周方向に分布を有する分布型反射手段である構成とする。

【0029】この発明によれば、光検知手段の出力信号にノイズが重畳する場合には、分布型反射手段を適用することにより、複数のパルスで構成される出力信号を得ることができ、相関法を高精度に適用することができる。その結果、出力信号にノイズが重畳する場合であっても、回転速度や出力トルクを所定の計測精度で求めることが可能となる。

【0030】請求項 15 の発明は、請求項 1 の発明において、信号処理手段は、複数の信号処理値を平均化する構成とする。この発明によれば、対象回転体の回転軸が振動する場合には、平均化処理手段により、回転速度や出力トルクを所定回数で平均することによって振動の影響を低減することができる。その結果、対象回転体の回転軸が振動する場合であっても、回転速度や出力トルクを所定の計測精度で求めることが可能となる。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第 1 の実施の形態の回転体計測装置を図 1 を参照して説明する。すなわち、本実施の形態の回転体計測装置は、第 1 および第 2 の照射光線 1 a、1 b を発生する第 1 および第 2 の光線発生装置 2 a、2 b と、第 1 および第 2 の照射光線 1 a、1 b を伝送する第 1 および第 2 の一方向光線伝送路 3 a、3 b および双方向光線伝送路 4 a、4 b と、対象回転体 5 の表面に取り付けられ、第 1 および第 2 の照射

光線1a、1bを反射する第1および第2の反射板6a、6bと、第1および第2の照射光線1a、1bを第1および第2の反射板6a、6bに照射し、第1および第2の反射板6a、6bによる第1および第2の反射光線1ar、1brを受光する第1および第2の送受信装置7a、7bとを備えている。

【0032】さらに本実施の形態の回転体計測装置は、前記第1および第2の送受信装置7a、7bによって受光され、第1および第2の双方向光線伝送路4a、4bによって伝送された第1および第2の反射光線を第1および第2の照射光線と分離する第1および第2の光線分離装置8a、8bと、第1および第2の光線分離装置8a、8bによって分離され、第1および第2の反射光線伝送路9a、9bによって伝送される第1および第2の反射光線を光学フィルタ10a、10bを通して受けて検知する第1および第2の光検知装置11a、11bと、第1および第2の光検知装置11a、11bの出力信号を電気信号伝送路12を通して受けて信号処理する信号処理装置14とを備えている。信号処理装置14の入力端にはサンプリング周波数選択装置13が設けられ*

$$L_x \gg \phi$$

$$L_y \gg \phi$$

【0036】ただし、 L_x [m]は第1および第2の反射板6a、6bの横の長さ（対象回転体5の軸方向の長さ）、 L_y [m]は第1および第2の反射板6a、6bの縦の長さ（対象回転体5の周方向の長さ）であり、 ϕ [m]は第1および第2の照射光線1a、1bの照射ビーム径である。そして、第1の反射板6aは対象回転体5の伝達軸の駆動側に取り付けられ、第2の反射板6bは伝達軸の負荷側に取り付けられている。

$$F = f_1 / f_2$$

ただし、 f_1 [m]はレンズ17の焦点距離、 f_2 [m]はレンズ16の焦点距離である。

【0038】第1および第2の送受信装置7a、7bに備えられた第1および第2の位置調整装置15a、15bはステッピングモータ等で構成され、第1および第2の送受信装置7a、7bの位置を調整して、第1および第2の反射板6a、6bに照射する第1および第2の照射光線1a、1bの照射ビーム径を調整することができるようにしている。

【0039】第1および第2の光線分離装置8a、8bは、第1および第2の双方向光線伝送路4a、4bによって第1および第2の送受信装置7a、7bから伝送される第1および第2の反射光線1ar、1brを第1および第2の照射光線1a、1bから分離するように構成する。このような構成は数多く存在するが、第1の光線分離装置8aを例に挙げてその構成例を図3に示す。

【0040】すなわち、第1の双方向光線伝送路4aによって伝送される第1の反射光線1arは、レンズ18、ビームスプリッタ20、ミラー21、レンズ22の

*ている。また、送受信装置7a、7bは位置調整装置15a、15bを備えている。

【0033】第1および第2の光線発生装置2a、2bは、固体、気体、液体、半導体等の各種レーザ、指向性を有するLEDやランプ等、指向性を有する光源で構成されている。

【0034】また、第1および第2の光線伝送路3a、3b、4a、4b、9a、9bは、ガラスやプラスチック等の光ファイバで構成される。光ファイバと第1および第2の光線発生装置2a、2bとの光学的結合は非球面レンズ等の光学素子を用いて行い、第1および第2の照射光線1a、1bが高効率で光ファイバへ入射するようにする。なお、光ファイバを用いることなく、ミラーやレンズを用いて第1および第2の照射光線1a、1bを空間伝送するようにしてもよい。

【0035】対象回転体5に取り付ける第1および第2の反射板6a、6bはAg、Au、Al、SUS等の金属材料で構成され、その寸法が次の式(1)、(2)を満足するように構成される。厚さ L [m]は、対象回転体5に取り付けることができれば制限はない。

$$(1)$$

$$(2)$$

※【0037】第1および第2の送受信装置7a、7bは、ビーム倍率 F で第1および第2の照射光線1a、1bを拡大・縮小でき、第1および第2の照射光線1a、1bの正反射である第1および第2の反射光線1ar、1brを受光できるように構成する。このような構成は数多く存在するが、第1の送受信装置7aを例に挙げてその構成例を図2に示す。ビーム倍率 F は次の式(3)で設定することができる。

$$(3)$$

順に進み、反射光線伝送路9aによって第1の光検知装置11aへ伝送される。一方、第1の一方方向光線伝送路3aによって伝送される第1の照射光線1aは、レンズ23、ビームスプリッタ20、レンズ18の順で進行し、第1の双方向光線伝送路4aによって第1の送受信装置7aへ伝送されるようになっている。

【0041】第1および第2の光検知装置11a、11bは、フォトダイオード、光電管、光電子増倍管等の各種の光電変換素子で構成される。そして、第1および第2の照射光線1a、1bと同一波長の光を選択して受光できるように第1および第2の光学フィルタ10a、10bが取り付けられている。

【0042】信号処理装置14はサンプリング周波数選択装置13および計算機で構成される。サンプリング周波数選択装置13はAD変換器で構成され、ハード的手段またはソフト的手段によって第1および第2の光検知装置11a、11bの出力を任意のサンプリング周波数でデジタル電気信号に変換し、計算機へ伝送するようになっている。計算機は前記デジタル電気信号に対してソフ

ト的手段によって各種演算を行うようになっている。
 【0043】以上のように構成した本発明の第1の実施の形態の回転体計測装置の作用を次に説明する。計測対象とする対象回転体5としては、車両、船舶、列車等の動力部、発電機、電動機、モータ等の機器が挙げられる。

【0044】第1の光線発生装置2aから出射された第1の照射光線1aは、第1の一方向光線伝送路3aに入射して伝送され、第1の光線分離装置8a、第1の双方向光線伝送路4aを経て、第1の送受信装置7aへ伝送*10

$$\phi = F \cdot \phi$$

【0046】ただし、Fは第1の送受信装置7aによる第1の照射光線1aのビーム倍率であり、 ϕ [m]は第1の双方向光線伝送路4aにおける第1の照射光線1aのビーム径である。照射された第1の照射光線1aは、対象回転体5の第1の反射板6aに照射されて正反射し、※

$$t_r = \phi / v_r$$

ただし、 v_r [m/s]は対象回転体5の回転速度である。

【0048】第1の反射光線1arは第1の送受信装置7aへ戻り、第1の双方向光線伝送路4a、第1の光線分離装置8a、第1の反射光線伝送路9aを経て、第1の光検知装置11aへ伝送される。なお、第1の光線分離装置8aの内部では、第1の双方向光線伝送路4aから入射する第1の反射光線1arは、レンズ18、ビームスプリッタ20、ミラー21、レンズ22を経て第1の反射光線伝送路9aに出射する。

【0049】一方、第2の光線発生装置2bから出射した第2の照射光線1bについても同様の作用を受ける。この結果、第1の光検知装置11aでは図4に示す第1の出力信号27が得られ、第2の光検知装置11bでは 30 図4に示す第2の出力信号28が得られる。第1および★

$$f = \frac{1}{(trg - trg')} \\ = \frac{1}{(trg - trg')}$$

(6)

【0052】

☆☆【数2】

$$Trq = \eta \cdot 2\pi \cdot \frac{|trg_1 - trg_2|}{(trg_2 - trg_2)} \\ = \eta \cdot 2\pi \cdot \frac{|trg_1 - trg_2|}{(trg_1 - trg_1)}$$

(7)

【0053】ただし、 η [Nm/rad]は対象回転体5の該当部のねじり剛性であり、 trg_1 [s]は第1の出力信号から求めたトリガ時間、 trg_2 [s]は1回転後の第1の出力信号から求めたトリガ時間、 trg_1' [s]は第2の出力信号から求めたトリガ時間、 trg_2' [s]は1回転後の第2の出力信号から求めたトリガ時間である。

【0054】以上に述べた作用の結果、回転速度f [Hz]および出力トルクTrq [Nm]の計測精度は、式(5)に示

*される(図1)。なお、第1の光線分離装置8aの内部では、第1の一方向光線伝送路3aから入射する第1の照射光線1aは、レンズ23、ビームスプリッタ20、レンズ18を経て第1の双方向光線伝送路4aに入射する(図3)。

【0045】そして、第1の照射光線1aは、第1の送受信装置7aにより、対象回転体5の表面上において前記(1)、(2)式および次に示す式(4)を満足する照射ビーム径 ϕ [m]となるように照射される。

(4)

※第1の反射光線1arとなる。

【0047】第1の反射光線1arは対象回転体5の一回転毎に得られ、次の式(5)に示す立上り・立下り時間 t_r [s]を有する単一のパルス光線となる。

(5)

★第2の出力信号27、28は一回転毎に得られ、信号処理装置14へ逐次伝送される。

20 【0050】信号処理装置14では、図4に示すように第1および第2の出力信号27、28の立上り振幅値に閾値 V_{th} [V]を設定し、第i回転目における第1の出力信号27のトリガ時間 trg_i [s]、第2の出力信号28のトリガ時間 trg_i' [s]、第i+1回転目における第1の出力信号27のトリガ時間 trg_{i+1} [s]および第2の出力信号28のトリガ時間 trg_{i+1}' [s]を抽出する。そして、次の式(6)、(7)により回転速度f [Hz]および出力トルクTrq [Nm]を求める。

【0051】

【数1】

30

した第1および第2の反射光線の立上り・立下り時間で決定され、第1および第2の照射光線の照射ビーム径 ϕ [m]を調整することによって所定の計測精度に設定することができ、高精度計測が必要とされる回転機器および車両などへの適用が可能となる。

【0055】そして、第1および第2の送受信装置7a、7bはビーム倍率を調整するだけの構造であり、また第1および第2の双方向光線伝送路4a、4bが照射

光線とその反射光線の伝送路を兼ねるため数量が少なく、さらに第1および第2の反射板6a、6bは対象回転体5の表面の一部に取り付けるだけいため、簡素かつ低コスト、適用が簡単であるという特長を有する。

【0056】この第1の実施形態の回転体計測装置において、対象回転体5の回転中、回転軸の位置が変動して第1および第2の照射光線1a、1bの照射ビーム径 ϕ [m]が大きくなる場合がある。この場合、式(5)に示した立上り・立下り時間 t_r [s]が大きくなり、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]の計測精度が低下する。

【0057】このような状況の場合には、第1の位置調整装置15aにより第1の送受信装置7aの位置調整を行って第1の照射光線1aを調整し、所定の照射ビーム径 ϕ [m]となるようにする。同様に、第2の送受信装置7bについても第2の位置調整装置15bにより第2の照射光線1bを調整し、所定の照射ビーム径 ϕ [m]となるようにする。

【0058】以上に述べた作用の結果、対象回転体5の回転軸が変動する場合であっても、第1および第2の位置調整装置15a、15bを用いて第1および第2の送受信装置7a、7bの位置調整を行うことにより、第1および第2の照射光線の照射ビーム径 ϕ [m]を調整して所定の計測精度で回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を計測することができる。その結果、回転軸が変動する回転機器および車両などへの適用が可能となる。

【0059】またこの第1の実施形態の回転体計測装置において、対象回転体5が、太陽や照明などの外乱光環境に直接曝されて第1および第2の反射光線1ar、1brに外乱光が混入し、第1および第2の出力信号27、28にノイズが重畳してSN比が低下する場合がある。この場合、式(5)に示した立上り・立下り時間 t_r [s]が大きくなり、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]の計測精度が低下する。

【0060】このような状況の場合であっても、第1および第2の光学フィルタ10a、10bが第1および第2の照射光線だけを選択できるようになっているため、第1および第2の光検知装置11a、11bでは、外乱光を除去して高SN比の第1および第2の出力信号27、28を得ることができる。

【0061】以上に述べた作用の結果、第1および第2の反射光線1ar、1brに外乱光が混入する場合であっても、第1および第2の光学フィルタ10a、10bにより、第1および第2の光検知装置11a、11bでは、外乱光を除去した高SN比の第1および第2の出力信号27、28を得ることができ、所定の計測精度で回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を計測することができる。その結果、対象回転体5が外乱光環境に存在する場合であっても、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を所定の計測精度で求めることが可能となる。

【0062】またこの第1の実施形態の回転体計測装置において、第1および第2の出力信号27、28に高周波数ノイズ $f_{n,h}$ が重畳してSN比が低下する場合がある。この場合、式(5)に示した立上り・立下り時間 t_r [s]が大きくなり、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]の計測精度が低下する。

【0063】このような状況の場合には、サンプリング周波数選択装置13において、第1および第2の光検知装置11a、11bの出力に対して高周波数ノイズ $f_{n,h}$ の周波数 $f_{n,h}$ [Hz]より小さいサンプリング周波数で取り込むことにより、高周波数ノイズ $f_{n,h}$ を除去して高SN比の第1および第2の出力信号27、28を得ることができる。

【0064】以上に述べた作用の結果、第1および第2の出力信号27、28に高周波数ノイズ $f_{n,h}$ が重畳する場合、サンプリング周波数選択装置13により、第1および第2の光検知装置11a、11bの出力に対して高周波数ノイズ $f_{n,h}$ の周波数より小さいサンプリング周波数で取り込むことによって高周波数ノイズ $f_{n,h}$ を除去した高SN比の第1および第2の出力信号27、28を得ることができ、所定の計測精度で回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を計測することができる。

【0065】その結果、第1および第2の出力信号27、28に高周波数ノイズ $f_{n,h}$ が重畳する場合であっても、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を所定の計測精度で求めることが可能となる。

【0066】さらにこの第1の実施形態の回転体計測装置において、第1および第2の出力信号27、28に時間的にランダムなノイズが重畳してSN比が低下する場合がある。この場合、式(5)に示した立上り・立下り時間 t_r [s]が大きくなり、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]の計測精度が低下する。

【0067】このような状況の場合、信号処理装置14において、時間： $1/f$ [s]を波形の取り込み時間単位とし、第1および第2の光検知装置11a、11bの出力波形を任意の時刻から各々 N_s 個取り込む。そして、 N_s 個の出力波形を積算して平滑化することにより、時間的にランダムなノイズを除去して高SN比の第1および第2の出力信号27、28を得ることができる。

【0068】以上に述べた作用の結果、第1および第2の出力信号27、28に時間的にランダムなノイズが重畳する場合、信号処理装置14の平滑化処理手段により、時間： $1/f$ [s]を波形の取り込み時間単位として各々 N_s 個の出力波形を取り込み、 N_s 個の出力波形を積算して平滑化することによって、時間的にランダムなノイズを除去した高SN比の第1および第2の出力信号27、28を得ることができ、所定の計測精度で回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を計測することができる。

【0069】その結果、第1および第2の出力信号27、28に時間的にランダムなノイズが重畳する場合で

あっても、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を所定の計測精度で求めることが可能となる。

【0070】次に、本発明の第2の実施の形態の回転体計測装置を図5を参照して説明する。この実施の形態の回転体計測装置は、第1および第2の Puls 照射光線を出射する第1および第2の Puls 光線発生装置29、30と、第1および第2の Puls 光線を伝送する第1および第2の一方光線伝送路3a、3bおよび双方向光線伝送路4a、4bと、対象回転体5の表面に複数取り付けられ、第1および第2の Puls 照射光線を反射する第1および第2の反射板群31、32と、照射径を光学的に調節して第1および第2の Puls 照射光線を第1および第2の反射板群31、32に照射し、第1および第2の反射板群31、32による第1および第2の Puls 反射光線を受光する第1および第2の照射径可変送受信装置33、34とを備えている。

【0071】さらにこの実施の形態の回転体計測装置は、前記第1および第2の照射径可変送受信装置33、34によって受光され、第1および第2の双方向光線伝送路4a、4bによって伝送された第1および第2の Puls 反射光線を第1および第2の Puls 照射光線と分離する第1および第2の光線分離装置8a、8bと、第1および第2の光線分離装置8a、8bによって分離され、第1および第2の反射光線伝送路9a、9bによって伝送される第1および第2の Puls 反射光線を検知する第1および第2の光検知装置11a、11bと、第1*

*および第2の光検知装置11a、11bの出力信号を電気信号伝送路12を通して受けて信号処理する信号処理装置14とを備えている。信号処理装置14は、サンプリング周波数選択装置13および計算機で構成されている。

【0072】第1および第2の Puls 光線発生装置29、30は、Puls 発振形式の固体、気体、液体、半導体等の各種レーザ、Puls 点灯のLED、フラッシュランプ等、Puls 発振形式の指向性を有する光源で構成されている。第1および第2の反射板群31、32は、第1および第2の反射板6a、6bを対象回転体5の周方向に各々 n_r 個取り付けられた構成になっている。

【0073】第1および第2の照射径可変送受信装置33、34は、可変ビーム倍率で第1および第2の Puls 照射光線を拡大・縮小でき、第1および第2の Puls 照射光線の正反射である第1および第2の Puls 反射光線を受光できるように構成されている。このような構成は数多く存在するが、第1の照射径可変送受信装置33を例に挙げてその構成例を図6に示す。可変ビーム倍率： F_v は次の式(8)で表すことができ、レンズ17とレンズ35の間隔 d_r [m]をレンズ駆動装置36によって変えることによって、第1の照射径可変送受信装置33を移動させることなく所定の照射ビーム径に設定することができる。

【数3】

$$F_v = \left(\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d_r}{f_1 \cdot f_2} \right)^{-1} / f_1 \quad (8)$$

ただし、 f_1 [m]はレンズ35の焦点距離である。

【0074】以上のように構成した本発明の第2の実施の形態の回転体計測装置の作用を次に説明する。まず、第1および第2の Puls 光線発生装置29、30において、第1および第2の Puls 照射光線の繰り返し周波数 f_r [Hz]が、対象回転体5の回転速度 f [Hz]に第1および第2の反射板群31、32における反射板の構成個数 n_r を乗じた周波数より十分大きく、さらに第1および第2の Puls 照射光線の Puls 時間幅 t_r [s]が、各反射板の周方向長さ l_r [m]を対象回転体5の回転速度 V_r [m/s]で除した値より十分大きい値となるように設定する。

【0075】この場合、第1および第2の Puls 照射光線は Puls 光であり高強度であるため、第1および第2の光検知装置11a、11bでは、図7に示す高SN比の第1および第2の出力信号群37、38を得ることができる。そして、第1および第2の Puls 照射光線は、繰り返し周波数 f_r [Hz]、Puls 時間幅 t_r [s]であるため、一回転毎に漏れなく各々 n_r 個の出力信号群を得ることができる。

【0076】第1および第2の出力信号群37、38は

信号処理装置14へ逐次伝送され、図7に示すように第 i 回転目における第1および第2の出力信号群37、38の第 j 番目の Puls に対してトリガ時間 trq_i [s]および trq_j [s]、第 $i+1$ 回転目における第1および第2の出力信号群37、38の第 j 番目の Puls に対してトリガ時間 trq_i' [s]および trq_j' [s]を抽出する。そして、前記の式(6)、(7)により回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を求める。

【0077】以上に述べた作用の結果、第1および第2の Puls 光線発生装置29、30が照射する第1および第2の Puls 照射光線は Puls 光であるため、前記第1の実施の形態における連続光の照射光線1a、1bに比べて高強度であり、高SN比の第1および第2の出力信号群37、38を得ることができ、所定の計測精度で回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を計測することができる。その結果、ノイズ対策を軽減することができ、簡素かつ低コスト、適用が簡単な回転体診断装置とすることができる。

【0078】この第2の実施の形態の回転体計測装置において、対象回転体5の回転中、回転軸の位置が変動し

て第1および第2のバルス照射光線の照射ビーム径 ϕ [m]が大きくなる場合がある。この場合、式(5)に示した立上り・立下り時間 t_r [s]が大きくなり、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]の計測精度が低下する。

【0079】このような状況の場合には、第1の照射径可変送受信装置33のレンズ駆動装置36によってレンズ35を移動させて照射ビーム径を光学的に縮小し、第1のバルス照射光線の所定の照射ビーム径 ϕ [m]となるようにする。同様に、第2の照射径可変送受信装置34についても、第2のバルス照射光線の所定の照射ビーム径 ϕ [m]となるようにする。

【0080】以上に述べた作用の結果、対象回転体5の回転軸が変動する場合であっても、第1および第2の照射径可変送受信装置33、34を用いて第1および第2のバルス照射光線のビーム径を光学的に拡大または縮小することにより、第1および第2のバルス照射光線の照射ビーム径 ϕ [m]を調整し、所定の計測精度で回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を計測することができる。その結果、回転軸が変動する回転機器および車両などへの適用が可能となる。

【0081】またこの第2の実施の形態の回転体計測装置において、第1および第2の出力信号群37、38に高周波数ノイズ f_{n1} が重畳し、SN比が低下する場合がある。この場合、式(5)に示した立上り・立下り時間 t_r [s]が大きくなり、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]の計測精度が低下する。

【0082】このような状況の場合には、信号処理装置14において、デジタル電気信号に変換後の第1および第2の出力信号群37、38に対し、高周波数ノイズ f_{n1} の周波数の逆数より大きなサンプリング時間 Δt で出力信号群を抽出して第1および第2の出力信号群37、38とすることにより、高周波数ノイズ f_{n1} を除去して高SN比の第1および第2の出力信号群37、38を得ることができる。

【0083】以上に述べた作用の結果、第1および第2の出力信号群37、38に高周波数ノイズ f_{n1} が重畳する場合、信号処理装置14におけるサンプリング時間調整手段により、デジタル電気信号に変換後の第1および第2の出力信号群37、38に対して高周波数ノイズ f_{n1} の周波数の逆数より大きなサンプリング時間 Δt で出力信号群を抽出することによって高周波数ノイズ f_{n1} を除去した高SN比の第1および第2の出力信号群37、38を得ることができ、所定の計測精度で回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を計測することができる。

【0084】その結果、第1および第2の出力信号群37、38に高周波数ノイズ f_{n1} が重畳する場合であっても、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を所定の計測精度で求めることが可能となる。

【0085】またこの第2の実施の形態の回転体計測装置において、対象回転体5の回転中、回転軸が振動して

第1および第2のバルス照射光線の照射ビーム径 ϕ [m]の大きさが変動する場合がある。この場合、式(5)に示した立上り・立下り時間 t_r [s]の値も変動し、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]の計測精度が低下する。

【0086】このような状況の場合には、信号処理装置14において、各回転毎に得られる回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]の計測値を N 回転の間で平均し、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]とする。この際、回転軸の振動の影響を十分低減できるように、 N 回転にかかる時間： N/f [s]は、回転軸の振動周期に比べ十分長くなるように設定する。

【0087】以上に述べた作用の結果、対象回転体5の回転中、回転軸が振動する場合であっても、信号処理装置14における平均化処理手段により、各回転毎に得られる回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]の計測値を N 回転の間で平均することによって回転軸の振動の影響を低減することができ、所定の計測精度で回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を計測することができる。その結果、回転軸が振動する場合であっても、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を所定の計測精度で求めることが可能となる。

【0088】さらにまた、この第2の実施の形態の回転体計測装置においては、第1および第2の反射板群31、32は、前記第1の実施の形態における第1および第2の反射板6a、6bを各々 n_r 個取り付け付けた構成になっているため、信号処理装置14では、図7に示すように n_r 個のバルスで構成される第1および第2の出力信号群37、38を一回転毎に得ることができる。そして、 n_r 個の各バルスにおいて回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]の計測値を得ることができるため、 $2n_r$ 個の回転速度 f [Hz]と、 $n_r \times n_r$ 個の出力トルク Trq [Nm]を一回転毎に得ることができる。

【0089】そこで、対象回転体5の回転中、回転軸が振動して回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]の計測精度が低下する場合には、 $2n_r$ 個の回転速度 f [Hz]の計測値および $n_r \times n_r$ 個の出力トルク Trq [Nm]の計測値を平均して、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]とする。

【0090】以上に述べた作用の結果、対象回転体5の回転中、回転軸が振動する場合であっても、第1および第2の反射板群31、32を対象回転体5の周方向に各々 n_r 個備え、 $2n_r$ 個の回転速度 f [Hz]の計測値および、 $n_r \times n_r$ 個の出力トルク Trq [Nm]の計測値を一回転毎に得て平均することにより振動の影響を低減することができ、所定の計測精度で回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を計測することができる。

【0091】その結果、対象回転体5の回転軸が振動する場合であっても、第1および第2の反射板群31、32を対象回転体5の周方向に各々 n_r 個備えて多くの計測

値で平均することより、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を所定の計測精度で求めることが可能となる。

〔0092〕次に、本発明の第3の実施の形態の回転体計測装置を図8を参照して説明する。本実施の形態の回転体計測装置は、第1から第4の照射光線の波長を選択することができる第1から第4の波長可変光線発生装置39、40、41、42と、第1から第4の照射光線を伝送する第1から第4の一方光線伝送路3a、3b、3c、3dおよび双方向光線伝送路4a、4b、4c、4dと、対象回転体5の表面に取り付けられ、第1から第4の照射光線に対する反射率が対象回転体5の周方向に分布を有する第1から第3の分布型反射板45、46、47と、第1から第4の照射光線を第1から第3の分布型反射板45、46、47に照射し、第1から第3の分布型反射板45、46、47による第1から第4の反射光線を受光する第1から第4の送受信装置7a、7b、7c、7dとを備えている。

〔0093〕さらに本実施の形態の回転体計測装置は、前記第1から第4の送受信装置7a、7b、7c、7dによって受光され、第1から第4の双方向光線伝送路4a、4b、4c、4dによって伝送された第1から第4の反射光線を第1から第4の照射光線と分離する第1から第4の光線分離装置8a、8b、8c、8dと、第1から第4の光線分離装置8a、8b、8c、8dによって分離され、第1から第4の反射光線伝送路9a、9b、9c、9dによって伝送される第1から第4の反射光線を検知する第1から第4の光検知装置11a、11b、11c、11dと、第1から第4の光検知装置11a、11b、11c、11dの出力信号を信号処理する信号処理装置14とを備えている。

〔0094〕第1から第4の波長可変光線発生装置39、40、41、42は、固体、気体、液体、半導体等の波長可変レーザ、各種の波長選択素子或いは波長交換素子等を取り付けて発振波長を適宜に変えることができるようになっている各種のレーザ、LED、ランプで構成されている。また、発振波長が異なる複数個のレーザ、LED、ランプで構成することもできる。

〔0095〕第1から第3の分布型反射板45、46、47は、前記第1の実施の形態における第1および第2の反射板6a、6bと材質および寸法が同一であるが、その表面が加工され、反射率が高い領域と低い領域が規則的或いは不規則的に周方向に分布する構造になっている。表面の加工は、例えば、超音波やレーザ光を用いて行うことができる。

〔0096〕第1から第3の分布型反射板45、46、47の例を図9に示す。図9では、高反射領域48と低反射領域49が規則的に分布する規則分布領域50と不規則的に分布する二種類の不規則分布領域51、52が、対象回転体5の軸方向に並ぶ構造になっている。な

お、軸方向の分布は、回転軸の軸方向の移動を検知するために設けたものであり、必ずしも必要ではない。

〔0097〕第1から第4の送受信装置7a、7b、7c、7dに関し、本実施の形態では、図8に示すように第1および第2および第3の送受信装置7a、7b、7cが対象回転体5の軸方向に取り付けられ、第4の送受信装置7dが周方向に取り付けられている。なお、周方向の取付個数 n_1 個、軸方向の取付個数 n_2 個については、特に制限はない。

〔0098〕信号処理装置14では、図10に示す第1から第4の出力信号56、57、58、59が得られ信号処理が行われる。回転速度 f [Hz]は、第1から第4の出力信号56、57、58、59のいずれの信号からでも求めることができる。一方、出力トルク Trq [Nm]は、軸方向に関して同一位置にある第3と第4の出力信号58、59の組み合わせを除き、任意の信号の組み合わせから求めることができる。

〔0099〕以上のように構成した第3の実施の形態の回転体計測装置において、対象回転体5の回転中、回転軸の位置が変動して第1から第4の照射光線の照射ビーム径 ϕ [m]が大きくなる場合がある。この場合、式(5)に示した立上り・立下り時間 t_r [s]が大きくなり、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]の計測精度が低下する。

〔0100〕このような状況の場合には、第1から第4の波長可変光線照射装置39、40、41、42によって第1から第4の照射光線の波長を変え、第1から第4の送受信装置7a、7b、7c、7dから照射される第1から第4の照射光線の焦点距離を色収差を利用して調整することにより照射ビーム径を光学的に縮小し、所定の照射ビーム径 ϕ [m]となるようにする。ここで、対象回転体5の回転軸が第1から第4の送受信装置7a、7b、7c、7dに近づいた場合には、青色側の短波長の照射波長とし、逆に遠ざかった場合は、赤色側の長波長の照射波長とする。

〔0101〕以上に述べた作用の結果、対象回転体5の回転軸が変動する場合であっても、第1から第4の波長可変光線照射装置39、40、41、42を用いて第1から第4の照射光線の波長を変え、波長によって光学レンズの焦点距離が異なる色収差を利用することにより照射ビーム径を光学的に拡大または縮小することにより、第1から第4の照射光線の所定の照射ビーム径 ϕ [m]を調整し、所定の計測精度で回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を計測することができる。その結果、回転軸が変動する回転機器および車両などへの適用が可能となる。

〔0102〕この第3の実施の形態の回転体計測装置において、第1から第4の出力信号56、57、58、59に高周波或いは低周波のノイズが重畳し、信号の立上りまたは立下りからトリガ時間を抽出することが困難に

10

20

30

40

50

なる場合がある。この場合、式(5)に示した立上り・立下り時間 t_r [s]が大きくなり、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]の計測精度が低下する。

【0103】このような状況の場合には、信号処理装置14において、第1および第2の出力信号56、57に*

$$C_r(\tau) = \frac{1}{2\delta} \sum_{t=C_i-\delta}^{t=C_i+\delta} S_n(t) \cdot S_n(t+\tau) \quad (9)$$

【0104】ただし、 t は時間変数、 $S_n(t)$ は第1から第4の出力信号56、57、58、59のいずれか、 2δ は相関演算する時間領域、 C_i は i 回転目の $S_n(t)$ が検知された時刻である。

【0105】そして、 i 回転目と $i+1$ 回転目の出力信号は同一形状であるため、相関関数 $C_r(\tau)$ が最大となる場合の時間変数値 τ_{\dots} [s]が、式(6)に示した $(trq_n - trq_n')$ 、 $(trq_n - trq_n')$ となる。なお、時間変数値*

$$C_d(\tau) = \frac{1}{2\delta} \sum_{t=C_i-\delta}^{t=C_i+\delta} S_n(t) \cdot S_n(t+\tau) \quad (10)$$

ここで、 $S_n(t)$ は $S_n(t)$ と組み合わせる第1から第4の出力信号56、57、58、59のいずれかである。ただし、第3と第4の出力信号の組み合わせは除く。

【0108】そして、第1から第3の分布型反射板45、46、47は同一形状であるため、相関関数 $C_d(\tau)$ が最大となる場合の時間変数値 τ_{\dots} [s]が、式(7)に示される $|trq_n - trq_n'|$ となる。従って、出力トルク Trq [Nm]を式(7)から求めることができる。

【0109】以上に述べた作用の結果、第1から第4の出力信号56、57、58、59に高周波或いは低周波のノイズが重畳し、信号の立上りまたは立下りからトリガ時間を高精度に抽出することが困難な場合であっても、式(9)、(10)に示した相関法を第1から第4の出力信号56、57、58、59に適用することにより、式(6)に示される $(trq_n - trq_n')$ 、 $(trq_n - trq_n')$ 、式(7)に示される $|trq_n - trq_n'|$ を高精度に求めることができ、所定の計測精度で回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を計測することができる。

【0110】その結果、第1から第4の出力信号56、57、58、59に高周波或いは低周波のノイズが重畳し、信号の立上りまたは立下りからトリガ時間を高精度に抽出することが困難な場合であっても、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を所定の計測精度で求めることが可能となる。

【0111】またこの第3の実施の形態の回転体計測装置においては、第1から第4の出力信号56、57、58、59にパルス形状のノイズが重畳し、信号の立上りまたは立下りからトリガ時間の抽出が困難になる場合がある。この場合、式(5)に示した立上り・立下り時間 t_r [s]の抽出を誤り、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]の計測精度が低下する。

*対し相関法を適用する。最初に回転速度 f [Hz]を求める。次に、時間変数 τ [s]を用いて次の式(9)に示す相関関数 $C_r(\tau)$ を計算する。

【数4】

※ τ_{\dots} [s]は、対象回転体5の回転周期に等しい。回転速度 f [Hz]は、時間変数値 τ_{\dots} [s]の逆数として求めることができる。

【0106】次に、出力トルク Trq [Nm]を求める。時間変数 τ [s]を用いて次の式(10)に示す相関関数 $C_d(\tau)$ を計算する。

【0107】

【数5】

【0112】このような状況の場合には、第1から第3の分布型反射板45、46、47を適用し、図10に示される複数パルスで構成される第1から第4の出力信号56、57、58、59とする。このような複数パルスの信号に対し、式(9)、(10)を計算して相関関数 $C_r(\tau)$ 、 $C_d(\tau)$ の最大値を求めることにより、時間変数値 τ_{\dots} [s]を誤りが少なく高精度に求めることができる。

【0113】以上に述べた作用の結果、第1から第4の出力信号56、57、58、59にパルス形状のノイズが重畳し、信号の立上りまたは立下りからトリガ時間の抽出が困難な場合であっても、第1から第3の分布型反射板45、46、47を適用することにより、複数パルスで構成される第1から第4の出力信号56、57、58、59として相関関数 $C_r(\tau)$ 、 $C_d(\tau)$ の最大値を求めることにより、時間変数値 τ_{\dots} [s]を誤りが少なく高精度に求めることができ、所定の計測精度で回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を計測することができる。

【0114】その結果、第1から第4の出力信号56、57、58、59にパルス形状のノイズが重畳し、信号の立上りまたは立下りからトリガ時間の抽出が困難な場合であっても、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を所定の計測精度で求めることが可能となる。

【0115】この第3の実施の形態の回転体計測装置において、対象回転体5の周方向に取り付けた第3および第4の送受信装置7c、7dと第1の送受信装置7aの作用および効果は次のとおりである。

【0116】すなわち、信号処理装置14では、回転速度 f [Hz]は、第3および第4の送受信装置7c、7dの出力である第3および第4の出力信号58、59のそれぞれから得ることができる。一方、出力トルク Trq [Nm]

は、第1および第3の送受信装置7a、7cの出力である第1および第3の出力信号56、58、あるいは第1および第4の送受信装置7a、7dの出力である第1および第4の出力信号56、59から得ることができる。

〔0117〕従って、一般的には、一方の送受信装置を周方向に n_s 個備えた場合、 n_s 個の回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]の計測値を一回転毎に得ることができる。他方の送受信装置も n_s 個備えた場合は、 $2n_s$ 個の回転速度 f [Hz]の計測値および $n_s \times n_s$ 個の出力トルク Trq [Nm]の計測値を一回転毎に得ることができる。

〔0118〕そこで、対象回転体5の回転中、回転軸が振動して回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]の計測精度が低下する場合には、 $2n_s$ 個の回転速度 f [Hz]、 $n_s \times n_s$ 個の出力トルク Trq [Nm]を平均して、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]とする。

〔0119〕このようにして、対象回転体5の回転中、回転軸が振動する場合であっても、送受信装置を対象回転体5の周方向に各々 n_s 個備え、 $2n_s$ 個の回転速度 f [Hz]の計測値および $n_s \times n_s$ 個の出力トルク Trq [Nm]の計測値を一回転毎に得て平均することにより振動の影響を低減することができ、所定の計測精度で回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を計測することができる。その結果、対象回転体5の回転軸が振動する場合であっても、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を所定の計測精度で求めることが可能となる。

〔0120〕さらにこの第3の実施の形態の回転体計測装置において、対象回転体5の軸方向に取り付けた第2および第3の送受信装置7b、7cと第1の送受信装置7aの作用および効果は次のとおりである。

〔0121〕すなわち、信号処理装置14では、回転速度 f [Hz]は、第1および第2および第3の送受信装置7a、7b、7cの出力である第1および第2および第3の出力信号56、57、58のそれぞれから得ることができる。一方、出力トルク Trq [Nm]は、第1および第2の送受信装置7a、7bの出力である第1および第2の出力信号56、57および第1および、第3の送受信装置7a、7cの出力である第1および第3の出力信号56、58および、第2および第3の送受信装置7b、7cの出力である第2および第3の出力信号57、58からそれぞれ得ることができる。従って、一般的には、送

受信装置を軸方向に n_s 個備えた場合、 n_s 個の回転速度 f [Hz]の計測値および、 $n_s \times (n_s - 1)/2$ 個の出力トルク Trq [Nm]の計測値を一回転毎に得ることができる。

〔0122〕そこで、対象回転体5の回転中、回転軸が振動して回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]の計測精度が低下する場合には、 n_s 個の回転速度 f [Hz]の計測値、 $n_s \times (n_s - 1)/2$ 個の出力トルク Trq [Nm]の計測値を平均し、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]とする。

〔0123〕以上に述べた作用の結果、対象回転体5の回転中、回転軸が振動する場合であっても、送受信装置

を対象回転体5の軸方向に n_s 個備え、 n_s 個の回転速度 f [Hz]の計測値および $n_s \times (n_s - 1)/2$ 個の出力トルク Trq [Nm]の計測値を一回転毎に得て平均することにより振動の影響を低減することができ、所定の計測精度で回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を計測することができる。その結果、対象回転体5の回転軸が振動する場合であっても、回転速度 f [Hz]および出力トルク Trq [Nm]を所定の計測精度で求めることが可能となる。

〔0124〕次に、本発明の第4の実施の形態の回転体計測装置を図11を参照して説明する。本実施の形態の回転体計測装置は、照射光線が発生する光線発生装置2と、発生された照射光線を伝送する一方光線伝送路3と、伝送された照射光線を第1および第2の照射光線に分割し、さらに第1および第2の反射光線を一つに合成する光線分割合成装置60と、第1および第2の照射光線を伝送するとともに第1および第2の反射光線を伝送する第1および第2の双方向光線伝送路4a、4bと、対象回転体5の表面に取り付けられ、第1および第2の照射光線を反射する第1および第2の反射板6a、6bとを備えている。

〔0125〕さらに本実施の形態の回転体計測装置は、前記第1および第2の照射光線を第1および第2の反射板6a、6bに照射し、第1および第2の反射板6a、6bによる第1および第2の反射光線を受光する第1および第2の送受信装置7a、7bと、第1および第2の送受信装置7a、7bによって受光されて第1および第2の双方向光線伝送路4a、4bによって伝送され、光線分割合成装置60によって合成された後、反射光線伝送路9によって伝送される反射光線を検知する光検知装置11と、光検知装置11の出力信号を信号処理する信号処理装置14とを備えている。

〔0126〕光線分割合成装置60は、一方光線伝送路3によって伝送される照射光線を第1および第2の照射光線に分割するとともに、第1および第2の反射光線を一つに合成し、反射光線伝送路9へ送出するように構成されている。このような構成は数多く存在するが、その一例を図12に示す。

〔0127〕すなわち、光線伝送路3、4a、4b、9のいずれか一つによって入射される光線が、レンズ61a、61b、61c、61dを介してビームスプリッタ62で反射成分と透過成分に二分割され、対向する光線伝送路3、4a、4b、9のいずれか一つおよびビームスプリッタ62の向きで決まる光線伝送路3、4a、4b、9のいずれか一つの2つに出射されるようになって

いる。

〔0128〕また、第1および第2の反射板6a、6bは、対象回転体5の周方向に対し、第1および第2の反射板6a、6bの周方向長さ L_s [mm]より長い間隔を離して取り付けられている。

〔0129〕以上のように構成した第4の実施の形態の

回転体計測装置において、光線発生装置2から射出した照射光線は、一方向光線伝送路3によって光線分割合成装置60へ伝送される。そして、光線分割合成装置60において照射光線は、レンズ61bを経て約半分がビームスプリッタ62で反射し、レンズ61aを経て第1の双方向光線伝送路4aへ射出され、第1の照射光線となる。一方、ビームスプリッタ62を透過する他の約半分の照射光線は、レンズ61dを経て第2の双方向光線伝送路4bへ射出され、第2の照射光線となる。

【0130】以上に述べた作用の結果、光線発生装置2が発生する照射光線を光線分割合成装置60で分割して第1および第2の照射光線とすることにより、1個の光線発生装置で2つの照射光線を得ることができる。その結果、簡素かつ低コストな回転体計測装置とすることができる。

【0131】なお、この第4の実施の形態の回転体計測装置において、第1および第2の送受信装置7a、7bによって受光され、第1および第2の双方向光線伝送路4a、4bによって伝送される第1および第2の反射光線は、光線分割合成装置60へ各々伝送される。

【0132】第1の双方向光線伝送路4aから入力される第1の反射光線は、レンズ61aを経てビームスプリッタ62を透過し、レンズ61cを経て反射光線伝送路9へ出力される。なお、ビームスプリッタ62で反射する部分は用いない。

【0133】他方、第2の双方向光線伝送路4bから入力される第2の反射光線は、レンズ61dを経てビームスプリッタ62で反射し、レンズ61cを経て反射光線伝送路9へ出力される。なお、ビームスプリッタ62で透過する部分は用いない。そして、第1および第2の反射光線は、反射光線伝送路9によって光検知装置11へ伝送される。

【0134】光検知装置11では、図13に示す出力信号63が得られる。そして、回転速度 $f[\text{Hz}]$ は、 i 回転時と $i+1$ 回転時の第1の反射板6aによる波形64または第2の反射板6bによる波形65から求めることができ、出力トルク $T_{rq}[\text{Nm}]$ は、第1の反射板6aによる波形64および第2の反射板6bによる波形65から求めることができる。

【0135】このようにして、第1および第2の反射光線を光線分割合成装置60で合成して光検知装置11で検知することにより、1台の光検知装置11だけで第1の反射板6aによる波形64および第2の反射板6bによる波形65を得ることができる。その結果、簡素かつ低コストな回転体計測装置とすることができる。

【0136】さらになお、この第4の実施の形態の回転体計測装置において、光線分割合成装置60は、1つの一方向光線伝送路3から入力される照射光線を第1および第2の照射光線に分割し、第1の照射光線を第1の双方向光線伝送路4aに出力し、第2の照射光線を第2の

双方向光線伝送路4bへ出力する。他方、第1および第2の双方向光線伝送路4a、4bによって伝送される第1および第2の反射光線を共に1つの反射光線伝送装置9へ出力する。

【0137】このようにして、第1および第2の照射光線への分割に加え、第1および第2の反射光線の合成を光線分割合成装置60だけで行うことができる。その結果、簡素かつ低コストな回転体計測装置とすることができる。

【0138】以上、本発明の4つの実施の形態の回転体計測装置を説明したが、これら4つの実施の形態における構成要素を適宜入れ替えた実施の形態も可能である。

【0139】

【発明の効果】本発明によれば、回転機器や車両などの回転体へ簡単に適用して回転速度あるいは出力トルクを計測することができる簡素かつ低コストな回転体計測装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の回転体計測装置の構成を示す図。

【図2】本発明の第1の実施の形態の回転体計測装置における送受信装置の構成を示す図。

【図3】本発明の第1の実施の形態の回転体計測装置における光線分離装置の構成を示す図。

【図4】本発明の第1の実施の形態の回転体計測装置における出力信号を示す図。

【図5】本発明の第2の実施の形態の回転体計測装置の構成を示す図。

【図6】本発明の第2の実施の形態の回転体計測装置における照射径可変送受信装置の構成を示す図。

【図7】本発明の第2の実施の形態の回転体計測装置における出力信号を示す図。

【図8】本発明の第3の実施の形態の回転体計測装置の構成を示す図。

【図9】本発明の第3の実施の形態の回転体計測装置における分布型反射板を示す図。

【図10】本発明の第3の実施の形態の回転体計測装置における出力信号を示す図。

【図11】本発明の第4の実施の形態の回転体計測装置の構成を示す図。

【図12】本発明の第4の実施の形態の回転体計測装置における光線分割合成装置の構成を示す図。

【図13】本発明の第4の実施の形態の回転体計測装置における出力信号を示す図。

【図14】従来の回転体計測装置を示す図。

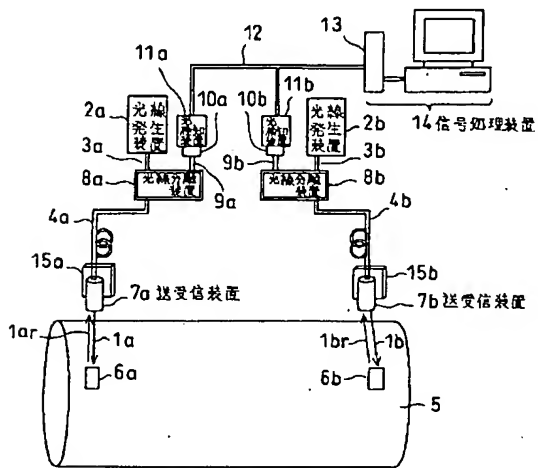
【符号の説明】

1a、1b…照射光線、1ar、1br…反射光線、2、2a、2b…光線発生装置、3、3a、3b、3c、3d…一方向光線伝送路、4a、4b、4c、4d…双方向光線伝送路、5…対象回転体、6a、6b…反

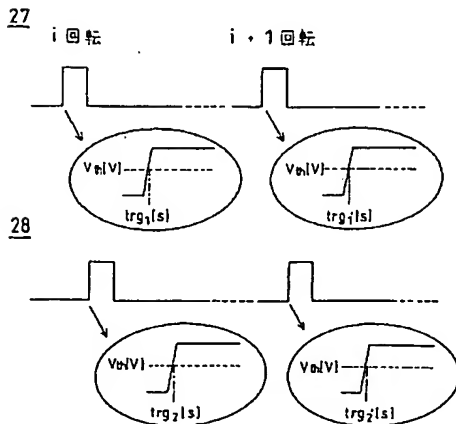
25

射板、7a、7b、7c、7d…送受信装置、8a、8b、8c、8d…光線分離装置、9、9a、9b、9c、9d…反射光線伝送路、10a、10b…光学フィルタ、11、11a、11b、11c、11d…光検知装置、12…電気信号伝送路、13…サンプリング周波数選択装置、14…信号処理装置、15a、15b…位置調整装置、16、17、18…レンズ、20…ビームスプリッタ、21…ミラー、22、23…レンズ、27、28…出力信号、29、30…パルス光線発生装置、31、32…反射板群、33、34…照射径可変送受信装置、35…レンズ、36…レンズ駆動装置、3

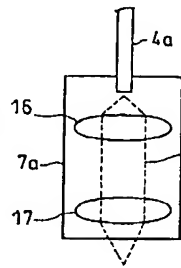
【図1】



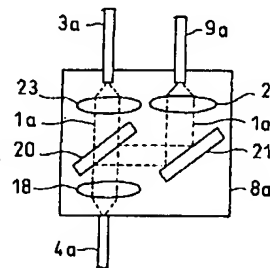
【図4】



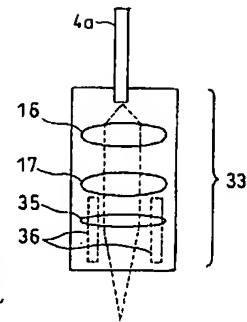
【図2】



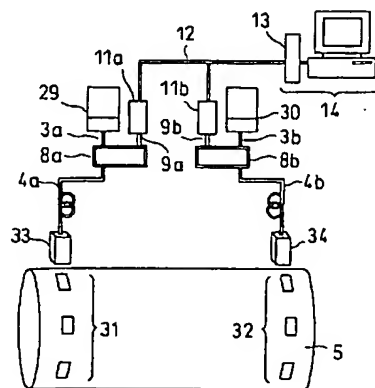
【図3】



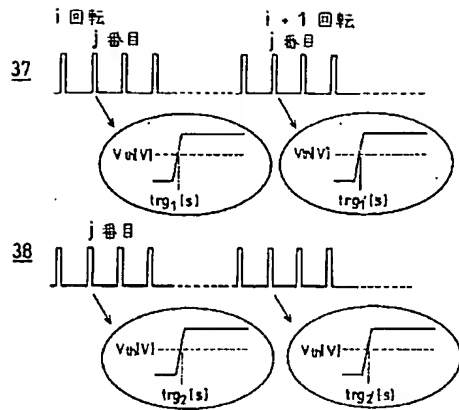
【図6】



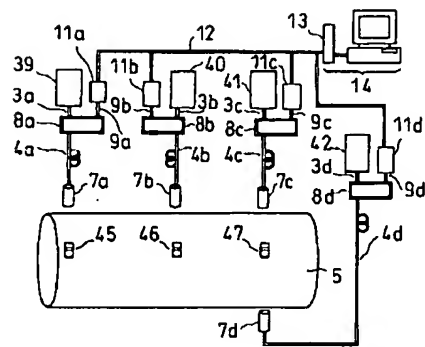
【図5】



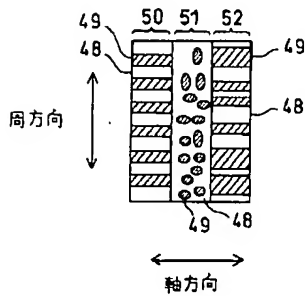
【図7】



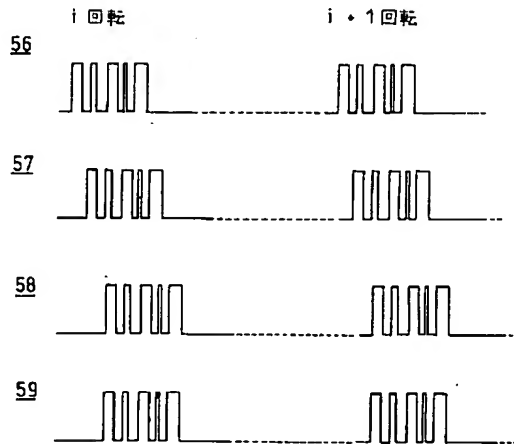
【図8】



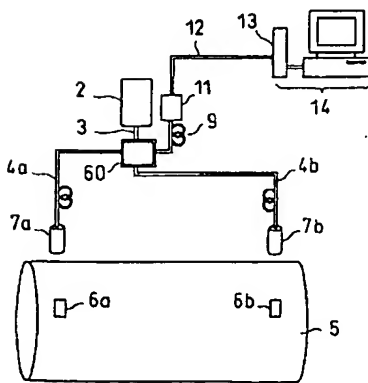
【図9】



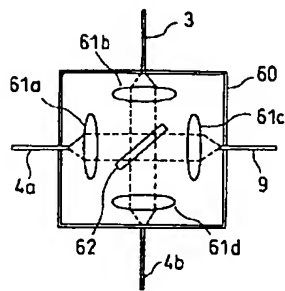
【図10】



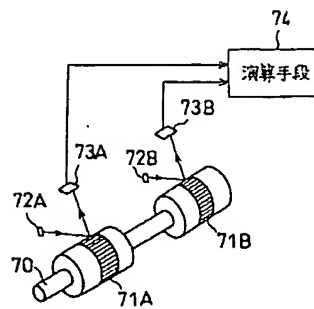
【図11】



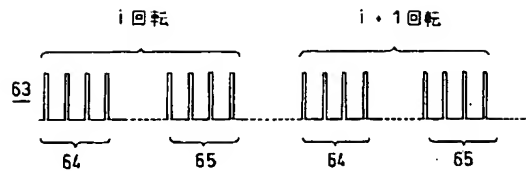
【図12】



【図14】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 兼本 茂
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 大八木 清人
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
東芝本社事務所内

(72)発明者 小湊 宏
東京都府中市晴見町2丁目24番地の1 東
芝アイティー・コントロールシステム株式
会社内